

# 50. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium

September, 19-23, 2005

**Maschinenbau  
von Makro bis Nano /  
Mechanical Engineering  
from Macro to Nano**

**Proceedings**

Fakultät für Maschinenbau /  
Faculty of Mechanical Engineering

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

## Impressum

- Herausgeber: Der Rektor der Technischen Universität Ilmenau  
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. Peter Scharff
- Redaktion: Referat Marketing und Studentische Angelegenheiten  
Andrea Schneider
- Fakultät für Maschinenbau  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Kurtz,  
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. med. (habil.) Hartmut Witte,  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Linß,  
Dr.-Ing. Beate Schlütter, Dipl.-Biol. Danja Voges,  
Dipl.-Ing. Jörg Mämpel, Dipl.-Ing. Susanne Töpfer,  
Dipl.-Ing. Silke Stauche
- Redaktionsschluss: 31. August 2005  
(CD-Rom-Ausgabe)
- Technische Realisierung: Institut für Medientechnik an der TU Ilmenau  
(CD-Rom-Ausgabe) Dipl.-Ing. Christian Weigel  
Dipl.-Ing. Helge Drumm  
Dipl.-Ing. Marco Albrecht
- Technische Realisierung: Universitätsbibliothek Ilmenau  
(Online-Ausgabe) [ilmedia](#)  
Postfach 10 05 65  
98684 Ilmenau
- Verlag:  Verlag ISLE, Betriebsstätte des ISLE e.V.  
Werner-von-Siemens-Str. 16  
98693 Ilmenau

© Technische Universität Ilmenau (Thür.) 2005

Diese Publikationen und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.

ISBN (Druckausgabe): 3-932633-98-9 (978-3-932633-98-0)  
ISBN (CD-Rom-Ausgabe): 3-932633-99-7 (978-3-932633-99-7)

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

L. Spiess / T. Machleidt / V. Cimalla / M. Gubisch / O. Ambacher / K.-H. Franke

## Development of a reference field for a NPM-machine

### EINLEITUNG

Im Sonderforschungsbereich SFB 622 "Nanopositionier- und Nanomessmaschinen (NPM-Maschinen)" an der TU Ilmenau werden die wissenschaftlich-technischen Grundlagen zum Entwurf und zur Realisierung einer NPM-Maschinen erarbeitet. In der zu erreichenden Präzision der NPM-Maschinen für größere Bewegungsbereiche von  $350 \times 350 \times 5$  bis  $50 \text{ mm}^3$  (Auflösung von  $0,05 \text{ nm}$ , Reproduzierbarkeit  $< 1 \text{ nm}$ ) liegt die Herausforderung.

Die Navigation über große Bereiche, das Einmessen und Bewerten der Messtaster sowie die Nutzung verschiedener Messtaster zur Messung unterschiedlicher topographischer und physikalischer Eigenschaften macht Mess- und Referenzmarken erforderlich. Ebenso müssen Veränderungen (z.B. durch Verschleiß) in Form und Beschaffenheit der Messtaster zur Sicherung der angestrebten Gesamtauflösung und Reproduzierbarkeit erkannt und vermessen bzw. quantifiziert werden. Dies wird ebenfalls über Mess- und Referenzmarken realisiert. Daraus abgeleitet sind Aufgabenstellungen im SFB 622 für die Teilprojekte „Werkstoffe und Oberflächen“, „Sensornahe Messdatenerfassung und -verarbeitung“ und „Multifunktionale Nanoanalytik“, die den Entwurf, Aufbau und die Erprobung/Testung eines Referenzfeldes mit verschiedenen Mess- und Referenzmarken beinhalten.

Im vorliegenden Beitrag werden detailliert die möglichen geometrischen Strukturen für Mess- und Referenzmarken diskutiert. Dabei wird besonders auf die Problematik von kleinsten 3D-Strukturen eingegangen, Fehler sowie die Möglichkeit zur Nutzung von werkstoffeigenen Marken und Referenzgrößen aufgezeigt. Weiterhin werden konzipierte Referenzen vorgestellt, die neben der Geometrie die Untersuchungen von Eigenschaftsgrößen wie z.B. Magnetismus, elektrische Potentiale ermöglichen. Eine Erstmessungsstrategie sowie Entwicklungspotentiale und Strategien zur Optimierung solcher Referenzfelder für NPM-Maschinen werden vorgestellt und diskutiert. Ein Ausblick auf zu erwartende Probleme in der Langzeitstabilität wird gegeben.

### ANFORDERUNGEN AN DAS REFERENZFELD UND ERSTE LÖSUNGEN

Um einen Messbereich von  $10^{-2} \text{ m}$  unter Einhaltung einer Genauigkeit von  $10^{-9} \text{ m}$  zu vermessen, müssen Referenzobjekte vorhanden sein, die den gleichen Größenbereich überdecken. Es bieten sich als Referenzobjekte beginnend vom kleinsten zum größten Objektmass folgende Strukturen an. Mit diesen möglichst definiert vorliegenden 3D-Objekten bekannter Abmessungen lassen neben der Verwendung als Längenreferenzobjekte auch die Form und Wechselwirkung von Abtastwerkzeugen wie Cantileverspitzen rekonstruieren. Man hat so jederzeit eine Möglichkeit der Testung der Spitzen:

- Atomare Strukturen (Kristallabbildungen, Stufenwachstum, Nanopartikel und Nanoröhren) – Bereich (lateral  $0.2 - 500 \text{ nm}$ , vertikal  $0.1 - 10 \text{ nm}$ )

- Zwillingslamellen (lateral 4 nm – 1000 nm)
- Schichtstapel und Multilayer (vertikal 1 nm – 300 nm)
- Elektronenstrahlolithographiestrukturen (lateral 15 nm – 2  $\mu\text{m}$ , vertikal nicht kleiner als 20 nm)
- Härteeindrücke (lateral 100 nm – 15 000 nm; vertikal 30 nm – 5000 nm)

Die nachfolgende Bildzusammenstellung zeigt den prinzipiellen Entwurf des Feldes und die darin vorgesehenen Komponenten.

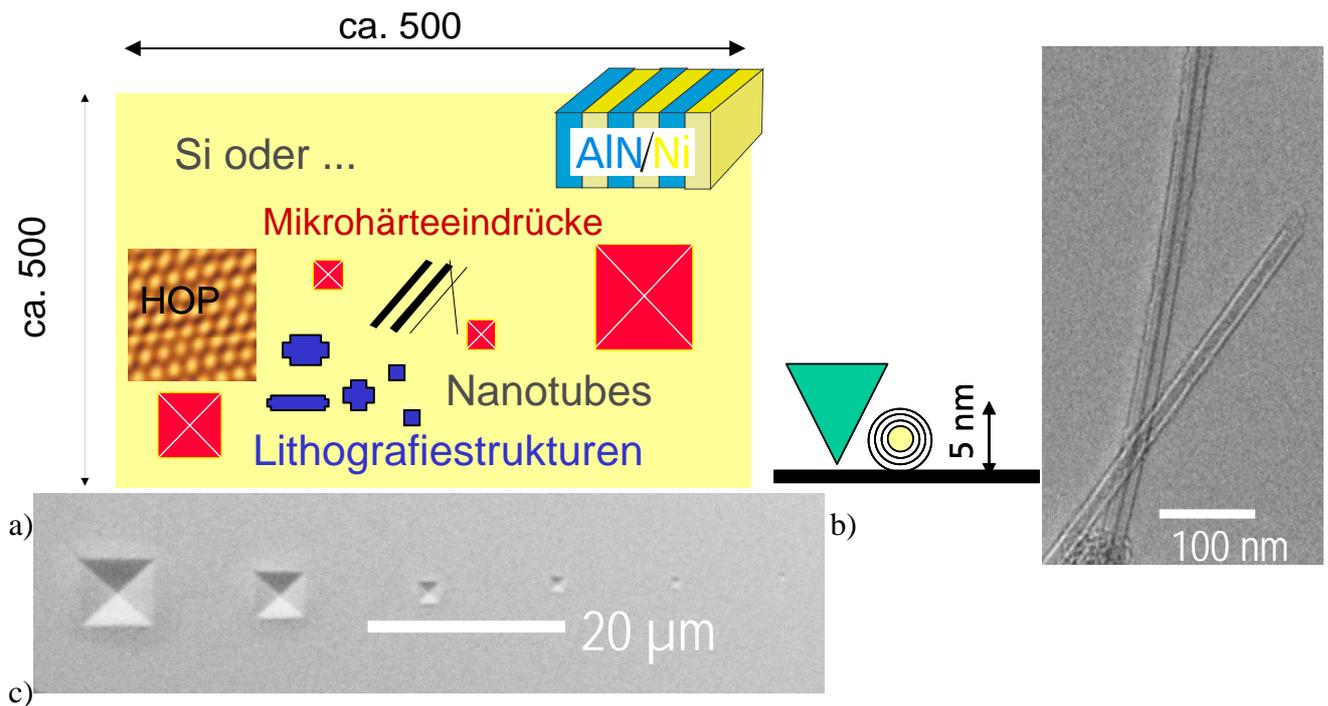


Bild 1: a) Gesamtentwurf mit Graphitfeld (HOPG) zur atomaren Auflösung und einem AlN/Ni Schichtstapel zur Bestimmung der Lateralkrafteigenschaften und der elektrischen Eigenschaften am analytischen Atomkraftmikroskop b) Kohlenstoffnanoröhrenabbildung im TEM und Nutzung dieser als mögliches Lateral- und Höhennormal beim AFM c) Härteeindrücke mit unterschiedler Last und damit unterschiedlichen Abmaßen, vertikal ca. 1/3 der Lateralabmessungen

#### Autorenangaben:

PD Dr.-Ing. habil. L. Spiess, Dipl.-Ing. M. Gubisch  
 TU Ilmenau / Inst. Werkstofftechnik/SFB 622 B3  
 Kirchhofstr. 7, 98693 Ilmenau  
 Tel.: 49 3677 693403  
 Fax: 49 3677 693353  
 E-mail: [lothar.spiess@tu-ilmenau.de](mailto:lothar.spiess@tu-ilmenau.de)

Dipl.-Ing. T. Machleidt, PD Dr.-Ing. habil. K.-H. Franke  
 TU Ilmenau / FG Graph. Datenverarbeitung / SFB 622 C2  
 PF 100565, 98684 Ilmenau  
 Tel.: 49 3677 695068  
 Fax: 49 3677 695071  
 E-mail : [torsten.machleidt@tu-ilmenau.de](mailto:torsten.machleidt@tu-ilmenau.de)

Dr.-Ing. V. Cimalla, Prof. Dr. rer. nat. habil. O. Ambacher  
 TU Ilmenau / FG Nanotechnologie / SFB 622 A8  
 Postfach 100565, 98684 Ilmenau  
 Tel.: 49 3677 693723  
 Fax: 49 3677 693709  
 E-mail: [Volker.Cimalla@tu-ilmenau.de](mailto:Volker.Cimalla@tu-ilmenau.de)